

# インテリジェントネットワークにおける 知的情報通信

服部進実

金沢工業大学

あらまし 21世紀における高度情報通信網として、主にネットワークレイヤ階層でのインテリジェントネットワーク (IN) の研究開発が広帯域/狭帯域 ISDN をベースに始まっている。これとは別の観点、すなはちネットワークレイヤ以上の階層で展開する知的情報通信も次世代 IN を実現する上で非常に重要な研究課題である。本稿では後者の観点より①大規模データベースネットワークの考え方②通信網サービスのユーザプログラマビリティの実現方法③分散協調環境での新しいコミュニケーション機構の構成等に焦点をあててインテリジェントネットワークについて論ずる。

## Advanced Computer Communication in Intelligent Network

Shimmi HATTORI

Kanazawa Institute of Technology  
7-1 Ohgigaoka Nonoichi Kanazawa-South Ishikawa 921

ABSTRACT Toward 21st century, research and development of Intelligent Network(IN) have been kicked off, extending narrow band and broad band ISDN mainly in network layer structure.

However, advanced computer communication systems in higher layer over network layer structure are also key issues in realizing next generation IN.

From this point of view, following three technologies are targeted in this paper:

① scalable database network ② user programability on communication network services ③ distributed cooperation supported by computer communication in IN environments.

## 1. コンピュータネットワークからネットワークコンピュータへ

高度情報社会の重要な基盤である情報通信ネットワークの今後の主要な展開方向としてインテリジェントネットワーク (IN) が検討されつつある。

通信網のインテリジェント化といっても多様なアプローチが考えられるが、現在、研究開発の主要な論点はネットワーク層の機能レベルにある。(1)

これはINの重要なサービスはコンピュータによる情報処理サービスをネットワーク上の分散資源として有機的に統合することにある点、又これらを相互接続するためにはOpen Network Architecture (ONA) によるインタフェースを明確化しなければならない点からも主要なアプローチである。

しかしながら、一方で、従来の画一的で固定的な通信ネットワークの制御から個別的で柔軟な制御への脱皮、言いかえるとシステムが可能な限り人間に合わせて協調できる新しいコミュニケーションの機構をインテリジェント化と捉えこの面での研究開発アプローチも21世紀の通信網に対して非常に重要であることを指摘したい。(2)(3)

ここで次世代の通信網とコンピュータを融合したアーキテクチャに大きな影響を与える要因を述べる。図-1は通信網の今後の月額料金についてビット単価ベースでや、楽観的に予測を行なったものである。

従来より通信コスト (電話料金) は、この9年間ほとんど下がっていないとの指摘があり、事実、分散データベースの研究開発等でも通信量を極力減らす方式が対象となっている。(4) しかしながら通信網の狭帯域ISDN化、さらには広帯域ISDN化によりユーザに対する通信コストのビット単価は少なくとも10年で1桁の割合で下がる方向にあるし、逆に言えばそうしない限り、ISDNが一般ユーザに広範には普及しないであろう。一方半導体の世界では、4MDRAMは10<sup>4</sup>円/Mバイト近辺より10年に2桁の割合で価格低下することが予測されており、磁気ディスクも10年に1桁の割合で下がると予想されている。このことはユーザに与えられる通信料金がビット単価ベースで磁気ディスク並の割合で下がることから、今後のアーキテクチャ選定に大きく影響することを意味している。

また、図-2は各種コンピュータの主記憶容量とユーザが扱える通信容量との関係を示したものであるが、ワークステーションに関して主記憶の内容が1秒以内に転送しうる可能性があ

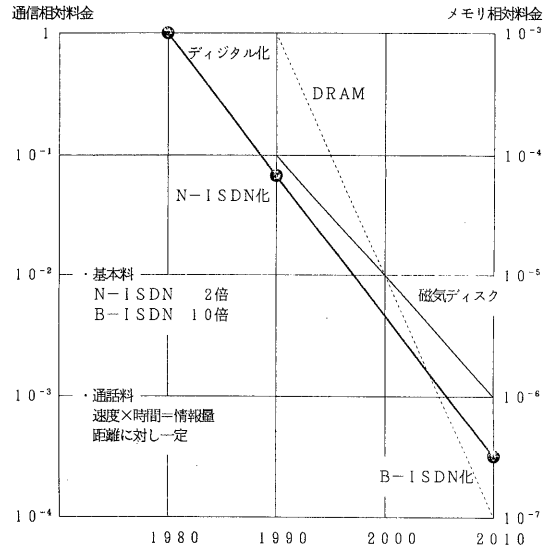


図-1 通信網の料金予測 (ビット単価)

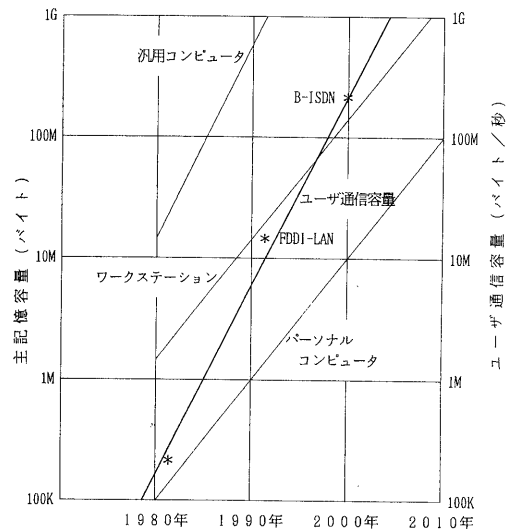


図-2 主記憶容量とユーザ通信容量

ることを示している。つまり、コンピュータの内部バスの速度とユーザに与えられる通信網の速度が同じオーダになることによるコンピュータアーキテクチャへのインパクトは今後大きなものになると予想される。

図-3はワークステーションの処理能力とユーザ通信容量をバイト/秒に換算比較したものであるが、21世紀にはユーザに与えられる通信能力がワークステーションの処理能力とコンパラの領域に入り得ることを示している。

以上の予測結果より次のようなアーキテクチャインパクトが起こり得ることが考えられる。

従来の計算機リソースをネットワーク上に最適配置し情報処理を行う分散型のコンピュータネットワークは通信リンクコストの最小化がアーキテクチャ設計上の重大な制約条件であった。しかしながらユーザに与えられる通信容量や速度が大きく、且つ低価格化することにより分散システムの考え方に大きな影響を与えよう。

例えば従来のコンピュータネットワークからコンピュータの内部バスと通信リンクが一体化したネットワークコンピュータや並列プロセッサが浮かび上がってくる。

本稿では、かのような通信容量をうまく生かした空間、時間インディペンデントなアーキテクチャについてINの観点より言及する。

## 2. インテリジェントネットワークへのアプローチ

広帯域/狭帯域ISDNの延長線のネットワークレイヤ以下で高機能サービスを開発しONAインタフェースを基に早期実用化につなげるアプローチは非常に重要であることは言うまでもない。

しかしながら図-4に示すようにネットワークレイヤ以上でONAインタフェースをベースにコンピュータリソースとネットワークリソースを結合させた新しいサービスの展開が重要となるが、この場合の基盤となる技術としては次の3点が要点となろう。

### ① データベース又は知識ベースのネットワーク

ネットワークとコンピュータのリソースはデータベース又は知識ベースの形でネットワークノードに配置されるが、ユーザからの1回のINサービスアクセスに対し一つのノード内にクローズせず、分散配置された複数のデータベースや知識ベースの内容を連携処理させるケースが増大する。この場合分散データベースや知識ベース間での並行協調動作、知識の一貫性管理については古くて新しい問題となろう。

### ② ユーザプログラマビリティ

INをユーザの観点から見れば、ユーザ自身が自分自身のサービスを自分自身で定義実行するサービス仕様記述方法の開発が究極の目標で

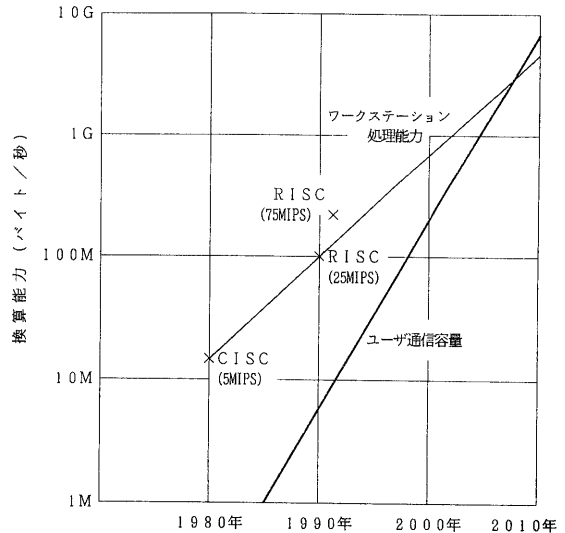


図-3 ワークステーション処理能力とユーザ通信容量

あるが、ユーザ自身のスキルレベルは広範な広がりをもっており、これを全てカバーする技術開発が望まれる。この場合、当然の事ながら、セキュリティやネットワークリソースの保護とのかねあいで何らかの解決策が必要となる。

### ③ 人間の協調作業支援システム

人工知能技術を含むコンピュータの情報処理機能をネットワークレイヤの機能レベル以上の階層で実現する知的情報通信の研究開発が重要である。すなわちシステムが可能な限り人間に合せて協調し得るコミュニケーション機構を用いた新しいサービス展開は分散処理、マルチメディア処理、オブジェクト指向パラダイム等の基本技術をもとに促進される方向にあり、一部グループウェア等にその一端が開かれつつある。(5) しかしながら、人間の高次の意図伝達の領域に関しては認知科学を含めその対象領域の広さ、及び深さの面から早期に実用化レベルに持ち上げる事は困難であろう。例えば人工知能技術分野でも、従来の実問題→プログラミング→コンピュータの形で人間がプログラミングによる介在を行うことにより汎用的且つ固定的マシンで対象とする実問題を解決する現行システムに対し、実問題→コンピュータの形で人間の思考や創造領域に踏み込み、実問題のモデリングを直接受け入れる汎用的マシンは未だ開発されていないのが実状である。(6) ただし、ドメインスペシフィックな分野では実用に近いシステムがネットワーク関連分野でも例えば交換ソフトウェア仕様検証エキスパートシステム等が実用レベルで実現されつつある。(7)

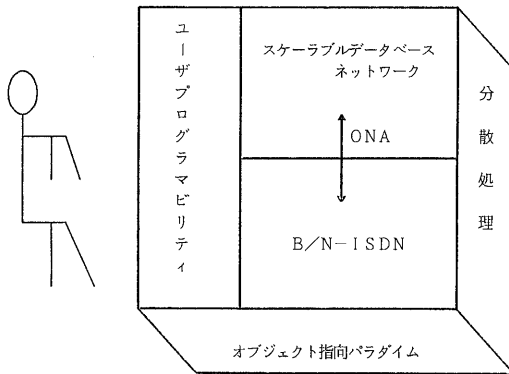


図-4 インテリジェントネットワークの基礎技術

### 3. 分散データベースネットワーク

分散データベースで構成される分散ファイルサービスでは複数のコンピュータに複数のファイルが配置されており、多くのクライアントからアクセスされるサーバの並行協調処理が必要である。

INのネットワークアプリケーションを含む各種サービスを大規模データベースネットワークの上に上述の有効なメカニズムを実現しトランザクションスループットを向上させる必要がある。

従来のデータベースの並行処理技術の延長線上で開発を進める方向以外に、最近、米国ベルコア社より高速通信リンクを有効に用いた分散読み出し、集中書き込み方式のネットワーク型のデータベースシステムが発表された。<sup>(8)</sup> これは図-5に示すように多数のアクセスマネージャからデータベースへアクセスするために広帯域光ファイバ上の多数のチャネルに、データベースの内容であるストレージポンプの全情報を繰り返し放送形式でたれ流している。トランザクションの検索フェーズはアクセスマネージャから行われるが、そのスループットの限界はアクセスマネージャの設置数に比例する。言わば、論理的に集中で物理的に分散の新しいタイプのデータベースである。大規模な公衆通信網にINを構築する上で、注目に値するシステムである。ただし現状では一方方向の放送型通信を想定しているので、サービスの展開によっては双方向型への拡張が必要となろう。

### 4. ユーザプログラマビリティ<sup>(9)</sup>

INにおいて最も本質的かつ重要なテーマとしてカスタマイズドサービス、あるいはユーザ自身が通信網でサービスを定義実行するユーザプログラマビリティの実現がある。ところがユ

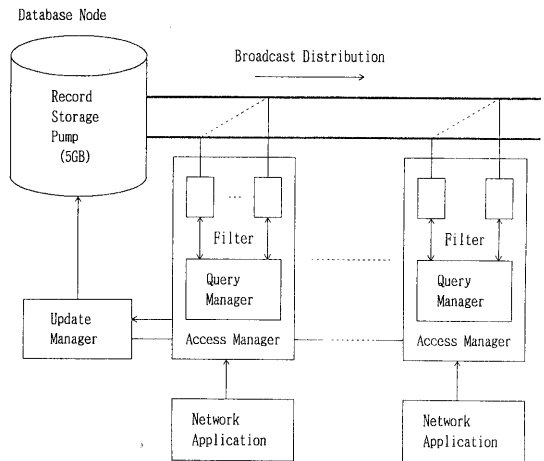


図-5 Scalable Database System (Bowen T. Bellcore, ISS' 90より)

ーザ自身がこのことを実行するには、①ユーザがサービスを仕様記述できること、②ユーザのサービス記述は完全性があり、ネットワークリソースを乱さないこと、が必要である。一方、操作能力の分布が極めて広いユーザを対象に通信網の新しいサービスを検討するには操作の不完全性(曖昧アクセス)を前提とした通信網のサービス制御方式、保護方式を考察する必要がある。

そこでユーザがサービスを定義、実行する方式をユーザのスキルレベルにより階層化したものが図-6である。手続き的入力とは、従来の高級言語によるプログラミング入力であるが、これはサービス開発者のレベルでは生産性効率面で向上が期待できるがオブジェクト指向プログラミング等を取り上げてもその習得にはかなりの時間を必要とする。従ってスキルレベルの低い一般ユーザに対して手続き的入力を期待するのは無理であろう。

また宣言的入力とは知識ベースを設計する時に用いるプロダクションルールをリスト表現や述語論理で記述することを意味する。従来の演繹型知識ベースはシステム内の事実集合と推論規則から完全に推論されるもののみを検索結果としている。従ってユーザが与えるサービス概念の制約の中に誤りがあると検索に失敗する場合がある。しかし、ユーザのサービス定義に含まれる誤りをチェックする機能をINに実現するのはそのサービス定義空間の自由度から極めて困難である。従ってユーザのサービス定義文中に多少の誤りがあってもユーザの意図するサービスに近いものを実行してくれる頑丈性が必要であろう。

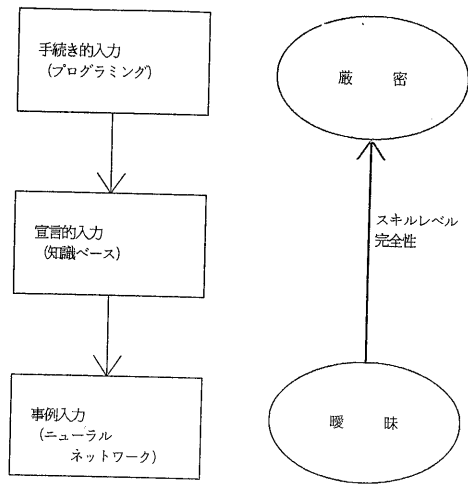


図-6 ユーザのサービス定義方式

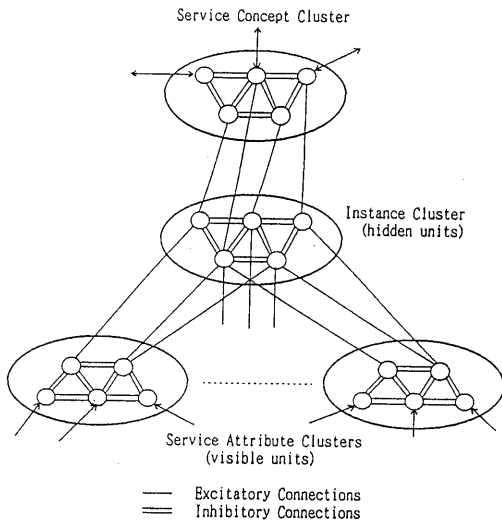


図-7 联想記憶型ニューラルネットワークの構成

このようなシステムを実現する方式としてユーザのサービス要求をサービス事例として学習記憶させ、実行時にはユーザが与えた制約を全て満たすサービス概念が存在しなくとも最も多くの制約を満たすサービス概念を選択し得るニューラルネットワークを用いることが考えられる。

図-7は联想記憶型のニューラルネットワークによるサービス概念の生成メカニズムを示したものである。サービス概念クラスタとそれらととり得る属性値を表すユニットを属性種別ご

とに分割した複数の属性クラスタにニューロンユニットが配置される。これらのニューロンは同一クラスタ内の全てのユニットは抑制性結合され、サービス属性とサービス概念との関係を生産するインスタンスクラスタ内のユニット相互間は興奮性結合が行われている。ユーザはこれらのニューロンユニットにサービス事例を割り当て学習記憶させる。

筆者らのシミュレーション実験によれば該システムの検索時の不完全入力による検索可能性と補完能力、頑丈性、自動一般化能力(帰納推論)が実現し得ることを確認している。

## 5. 人間の協調作業支援

### 5.1 意図伝達概念モデル

人間の対話による意図伝達は図-8に示すごとく各個人の慣習、信念、文化に基づく知識が意識下あるいは無意識下にあり、相手との対話によりこれを言語レベルに知識表現する。この場合、言語で表現されるのは全ての知識の一部にすぎず、そのレベルでさえも相手に理解されるのは部分的なものにすぎない。

ある理解レベル以上に達したものがT. Winogradの言語/行為モデル等により対話状態遷移図化され通信プロトコルとして機械の上に実装可能な状態になる。従って言語に表現されていない慣習、信念、文化といった相互理解レベルからはるかに底の方にある知識を機械の上に実装できない限り真のヒューマンコミュニケーションのモデルに近い意図伝達は不可能である。

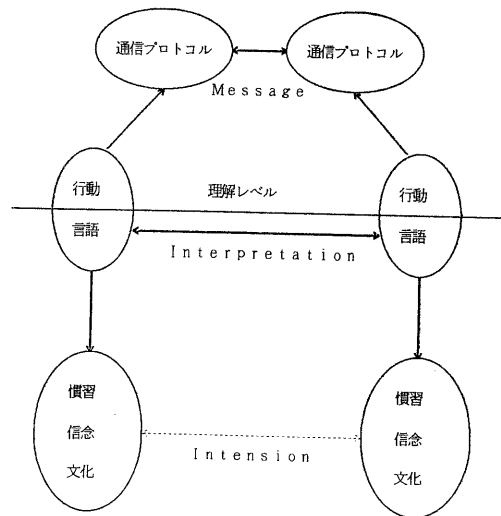


図-8 意図伝達概念モデル

しかしながら、初対面の相手でも電話や電子メール等によりある程度の意図伝達が可能である人間の対話機構は、図-8での相互の理解レベルがあくまでも相対的且つ変動し得ることを意味している。このメカニズムを機械の上に実現しようとする努力は工学的観点から否定すべきものではない。

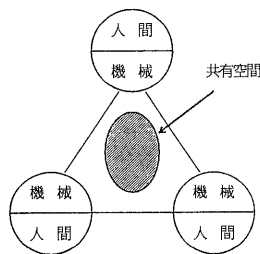
## 5.2 人間の協調作業の支援形態

図-9はコンピュータによる人間の協調作業の支援形態が大きく2つに分類できることを示している。

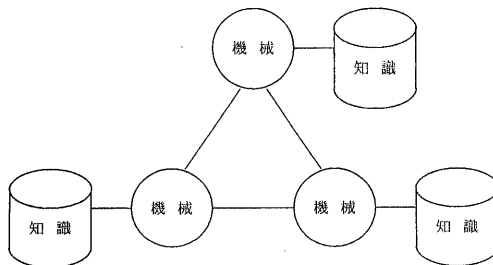
図-9(a)は、ある問題解決に対し人間があくまでも主体であり、コンピュータはその部分的支援を行うものである。

つまり、人間のコラボレーションを情報の共有空間を媒介にして、創造的協調活動に展開させるいわゆるグループウェア、またはCSCWといわれる研究分野である。<sup>(10)</sup>

一方、図-9(b)は複数のコンピュータ相互間である問題解決プロセスでは基本的には人間が介在せず、機械が代行する自律分散協調システムあるいはマルチエージェントシステムである。従って、分散配置したコンピュータには、協調作業をやるための何らかの知識が必要であると同時に複数エージェント間の協調、調停、合議を行うプロトコルも必要不可欠であることは言うまでもない。



(a)機械による分担支援



(b)機械による代行支援

図-9 コンピュータによる協調支援システム

## 5.3 知識の生成レベル

前述の図-9(b)のコンピュータによる人間の協調作業の代行支援を取り上げ各コンピュータに配備する知識との関係から、その技術的可能性を以下に述べる。

図-10(a)のモデルではAはコミュニケーションの相手であるBとコミュニケーションを成立させるための共通概念がない完全分散システムである。かような集中性を全く排除した自律分散システムはコンピュータ間のプロトコルのやりとりだけではドメインスペシフィックな応用に限定されるし、ネットワークルーティング等に応用例が見られるが実用性は未だ見えていないようである。<sup>(11)</sup>

図-10(b)のモデルではAとBの間にコミュニケーションを成立するための共通概念Wがプリワイヤドに設定されている場合で、知識ベースではWが共通知識として格納されている。この場合にはWが一種のメタデータとして機能し、メッセージの転送を通して比較的高度の分散協調システムが構築し得るし、応用範囲も広い。共通概念としては例えばオフィスワークを例にとると、企業の組織構造、規則等が考えられる。

図-10(c)は概念の生成レベルのモデルであり、この場合はAとBとの対話により新しい概念や知識を自動生成するので共通概念Wは常に拡大される方向にある。つまり、この場合は各々の自律エージェントが相互のコミュニケーションにより問題解決の行動規範を生成すること、言いかえると自律的に知識獲得を行いこれを基に自己組織化のメカニズムにより自身の知識ベースを拡張、洗練化するメカニズムが必要である。<sup>(12)(13)</sup>

これは基本的には知識の一般化、特殊化操作でインダクションを行うことにより新しいカテゴリーを形成するメカニズムであり、自律エージェント間には知識そのものの相互転送を行う必要がある。

インダクションのメカニズムをコンピュータに実現する決定的な技術は、現在迄に未だ確立されていないが、B-ISDNの高速広帯域の通信リンクを用いて送受信側双方の状況に関する知識そのものの転送するといった通信リンクを制約条件としない解を期待したいところである。

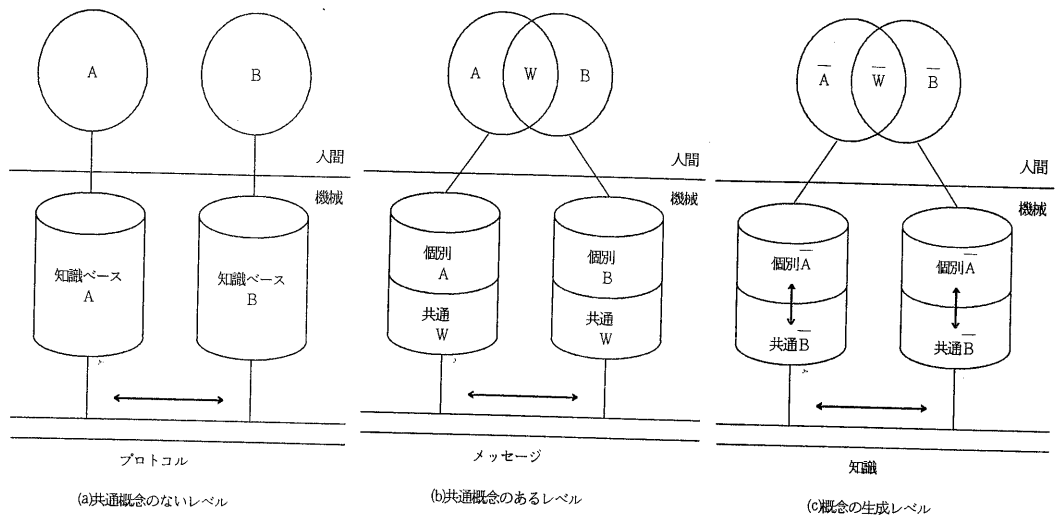


図-10 知的情報通信のレベル

## 6. おわりに

前述の図-10 (b) のモデルに基づき複数のワークステーション相互間で分散協調によりスケジュールを自動合成するシステムを試作した。(図-11) これは T. Winograd の対話状態遷移図をスケジュールの提案者と複数人の被提案者による 1:N 対話モデルに拡張し自動化したものである。この場合、提案者と被提案者の職位、人物重要度等を共通知識とし、評価関数 (P) を設定するもので図-12 に示すごとく提案者が自分より重要度の高い人物 (機械) に拒否した被提案者を説得依頼し、一つのスケジュールを協調的に決定するメカニズムを実現した。(14)

1:N の高機能サービスとしてソフトウェア開発業務や秘書代行業務等を対象とした、人間の思考領域に踏み込んだ支援システムの構築がネットワークレイヤ以上での重要なサービスとして今後期待できよう。しかしながら「システムの基本的知識構造はシステム自身のもつ帰納的原則により導き出さなければならない」という学習を行うコンピュータに課せられた帰納的適切性の原理に関する制約を満足させる人工知能システムを実現させることがより本質的、且つ重要な課題である。(15)(16)

また通信の際には送信側、受信側の状況に関する推論がエージェント間の通信モデルに必要とする中島氏の考え方は今後の研究方向を示す点で注目に値する。(17)

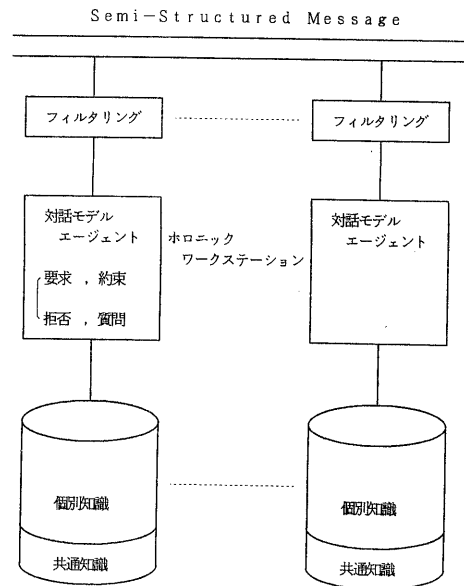


図-11 分散協調による問題解決システム

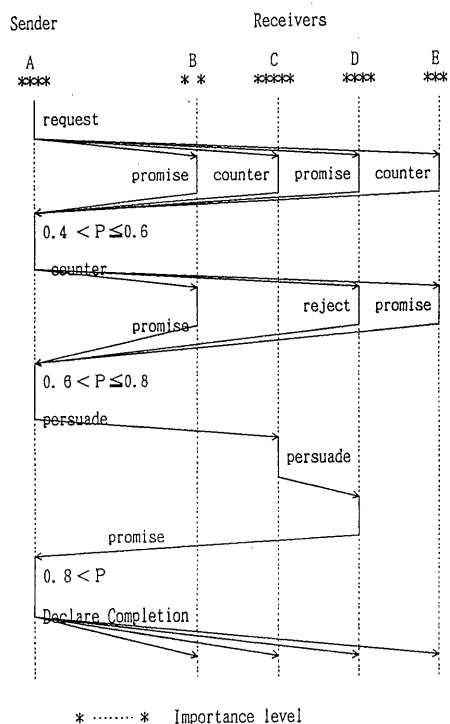


図-12 スケジュール決定過程例

[参考文献]

(1) 村田：インテリジェントネットワーク  
電子情報通信学会第2回NAワークショップ 1991. 5

(2) 服部：インテリジェントネットワークの展開  
「AI技術の適用による新情報サービスの展望と課題」シンポジウム  
昭和62年11月

(3) 秋山、水沢他：インテリジェントネットワークとネットワークオペレーション  
コロナ社 1991

(4) 上林：データベースの研究 - 21世紀に向けての挑戦 -  
情報学会 データベースシステム84-5 1991. 7

(5) 石井：グループウェアのデザイン  
BIT vol23 NO. 3

(6) 大須賀：人工知能-新しい社会的基盤としての情報技術に向けて  
1990年 人工知能学会全国大会論文集

(7) 服部他：交換処理プログラム検証エキスパートシステム  
電子情報通信学会第2回NAワークショップ 1991. 5

(8) Bowen T. : A Scalable Database Architecture for Network Services  
IEEE ISS' 90

(9) 服部：ニューラルネットワークによるユーザプログラマブル通信網の提案  
信学技報 HC90-18 (1990)

(10) 石井：コミュニケーションからコラボレーションへ  
信学技報 HC91-15

(11) 吉田：オブジェクト指向の並列分散化に関する考察  
「オブジェクト指向ソフトウェア技術」シンポジウム1991. 5

(12) 西田：新しいパラダイムを求めて - 自律エージェントの社会  
コンピュータ科学 vol1. NO1 1991

(13) 野口：Intelligent Network と知的コミュニケーション  
第1回NAシンポジウム 1990. 10

(14) 服部他：オブジェクト指向モデルによる分散協調型インテリジェントデスク  
信学技報 OS91-2 (1991)

(15) 市川ほか訳：インダクション  
新曜社 1991

(16) 國藤：学習研究の基礎と新潮流  
1991年人工知能学会全国大会

(17) 中島：協調アーキテクチャへのアプローチ  
情報学会 人工知能 77-10  
1991. 7